

PAT-NO: JP405214999A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 05214999 A

TITLE: FUEL INJECTION DEVICE FOR MULTI-CYLINDER INTERNAL  
COMBUSTION ENGINE

PUBN-DATE: August 24, 1993

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

ITO, YASUSHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

TOYOTA MOTOR CORP

N/A

APPL-NO: JP04018912

APPL-DATE: February 4, 1992

INT-CL (IPC): F02D041/40, F02D041/04

ABSTRACT:

PURPOSE: To make the generated torque of individual cylinders equal even in the surge operation area by updating the conversion factor converting the target fuel injection quantity of a fuel injection valve into the valve opened period so that the generated torque of the cylinders is made equal in the surge operation area of an internal combustion engine.

CONSTITUTION: The valve opened period of each fuel injection valve of each cylinder is controlled to control the fuel injection quantity. Whether the engine operational state is in the surge operation area is judged by a judging means 500. The first conversion factor converting the target fuel injection quantity into the valve opened period is updated by the first updating means 502 so that the generated torque of individual cylinders is made equal in the surge operation area. The second conversion factor converting the target fuel injection quantity into the valve opened period is updated by the second updating means 504 so that the generated torque of the cylinders is made equal in the area where the target fuel injection quantity and the valve opened period are proportional. The valve opened period is calculated by a calculating means 506 with the first conversion factor in the surge operation area, for example, and the fuel injection valve is controlled by a control means 508.

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&Japio

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-214999

(43)公開日 平成5年(1993)8月24日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

F 0 2 D 41/40

41/04

識別記号

3 8 0

弁内整理番号

F 9039-3 G

G 9039-3 G

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全 26 頁)

(21)出願番号 特願平4-18912

(22)出願日 平成4年(1992)2月4日

(71)出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72)発明者 伊藤 泰志

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

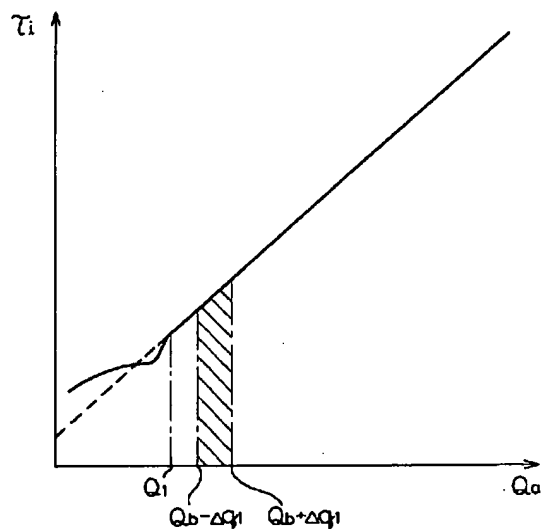
(74)代理人 弁理士 青木 朗 (外4名)

(54)【発明の名称】 多気筒内燃機関の燃料噴射装置

(57)【要約】 (修正有)

【目的】 各気筒の発生トルクを等しくする。

【構成】 燃料噴射弁から燃料を機関の気筒内に直接噴射せしめる多気筒内燃機関において、計算された燃料噴射量 $Q_a$ を変換係数によって燃料噴射時間 $\tau_i$ に変換し、 $\tau_i$ に基づいて燃料を噴射する。 $Q_a$ が $Q_1$ 以上の直線領域では、 $Q_b - \Delta q_1$ と $Q_b + \Delta q_1$ の間で求めた変換係数を用いて $\tau_i$ を計算し各気筒の燃料噴射量を等しくする。 $Q_a$ が $Q_1$ 以下の非直線領域のうちサージ運転領域ではサージ運転領域で求めた変換係数を用いて $\tau_i$ を計算し各気筒の発生トルクが等しくなるようにする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の気筒を有すると共に各気筒内に燃料を直接噴射する燃料噴射弁を夫々設け、各燃料噴射弁のノズル口の開弁時間を制御して燃料噴射量を制御する多気筒内燃機関の燃料噴射装置において、車両がサージを発生するサージ運転領域に機関運転状態があるか否かを判定する判定手段と、目標燃料噴射量を開弁時間に変換する第1の変換係数を前記サージ運転領域において各気筒の発生トルクが等しくなるように更新せしめる第1の更新手段と、目標燃料噴射量を開弁時間に変換する第2の変換係数を目標燃料噴射量と開弁時間とがほぼ比例する領域において各気筒の発生トルクが等しくなるように更新せしめる第2の更新手段と、前記判定手段がサージ運転領域と判定した場合には前記第1の変換係数を用いて開弁時間を計算すると共に前記判定手段がサージ運転領域でないとして判定した場合には前記第2の変換係数を用いて開弁時間を計算する計算手段と、該計算手段によって計算された開弁時間に基づいて燃料噴射弁を制御せしめる制御手段と、を備えた多気筒内燃機関の燃料噴射装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は多気筒内燃機関の燃料噴射装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 燃料を各気筒内に夫々直接噴射する燃料噴射弁を設け、各燃料噴射弁のノズル口の開弁時間を制御することによって各気筒内への燃料噴射量を制御する内燃機関において、機関回転数および機関負荷に基づいて求められた目標燃料噴射量に変換係数を乗じて燃料噴射弁のノズル口の開弁時間（燃料噴射時間）を計算し、この燃料噴射時間に基づいて燃料噴射量を制御せしめる内燃機関の燃料噴射装置が知られている。

【0003】 ところで、トルク変動の発生を防止するためには各気筒の発生トルクを等しくしなければならない。このため、各気筒の燃料噴射量を等しくすることが考えられる。一方、気筒内に燃料を直接噴射する場合には、燃料噴射可能期間は短くなる。このため、高負荷時における多量の要求燃料噴射量を燃料噴射可能期間内で全量噴射するためには、燃料噴射弁のノズル口の径を大径化して単位時間当たりの燃料噴射量を増大せしめなければならない。

【0004】 ところがこのようにすると、低負荷時のような要求燃料噴射量が少量であるときに、実際の燃料噴射量は燃料噴射時間に比例しなくなる。このために、要求燃料噴射量が多量であるときと同一の変換係数を用いて要求燃料噴射量を燃料噴射時間に換算すると、実際の燃料噴射量が目標噴射量から大きくずれてしまい各気筒

の燃料噴射量を等しくすることができない、すなわち各気筒の発生トルクを等しくすることができないという問題を生ずる。

【0005】 そこで本出願人は、燃料噴射量が燃料噴射時間に比例する領域と燃料噴射量が燃料噴射時間に比例しない領域とに分け夫々の領域において別々の変換係数を用いるようにした燃料噴射装置を提案している（特願平3-260055号）。

## 【0006】

- 10 【発明が解決しようとする課題】 ところがこの装置では、燃料噴射量が燃料噴射時間に比例する領域と比例しない領域とは各燃料噴射弁毎に異なりこれらの領域を燃料噴射弁毎に特定することは困難である。従ってこの燃料噴射装置を実現することは困難であるという問題を生ずる。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 上記問題点を解決するため本発明によれば図1の発明の構成図に示されるように、複数の気筒を有すると共に各気筒内に燃料を直接噴射する燃料噴射弁を夫々設け、各燃料噴射弁のノズル口の開弁時間を制御して燃料噴射量を制御する多気筒内燃機関の燃料噴射装置において、車両がサージを発生するサージ運転領域に機関運転状態があるか否かを判定する判定手段500と、目標燃料噴射量を開弁時間に変換する第1の変換係数をサージ運転領域において各気筒の発生トルクが等しくなるように更新せしめる第1の更新手段502と、目標燃料噴射量を開弁時間に変換する第2の変換係数を目標燃料噴射量と開弁時間とがほぼ比例する領域において各気筒の発生トルクが等しくなるように更新せしめる第2の更新手段504と、判定手段500がサージ運転領域と判定した場合には第1の変換係数を用いて開弁時間を計算すると共に判定手段500がサージ運転領域でないとして判定した場合には第2の変換係数を用いて開弁時間を計算する計算手段506と、計算手段506によって計算された開弁時間に基づいて燃料噴射弁を制御せしめる制御手段508とを備えている。

## 【0008】

【作用】 サージ運転領域は例えばエンジン回転数によって特定することができる。目標燃料噴射量が開弁時間に比例しない領域であっても、サージ運転領域においては第1の変換係数を用いて開弁時間を計算するため各気筒の発生トルクを等しくすることができる。

## 【0009】

【実施例】 図2は本発明の一実施例を採用した4気筒ガソリン機関の全体図を示す。同図において、1は機関本体、2はサージタンク、3はエアクリーナ、4はサージタンク2とエアクリーナ3とを連結する吸気管、5は各気筒内に燃料噴射する電歪式の燃料噴射弁、6は点火栓、7は高圧用リザーバタンク、8は吐出圧制御可能な高圧燃料ポンプ、9は高圧燃料ポンプ8からの高圧燃料

をリザーバタンク7に導くための高圧導管、10は燃料タンク、11は導管12を介して燃料タンク10から高圧燃料ポンプ8に燃料を供給する低圧燃料ポンプを夫々示す。低圧燃料ポンプ11の吐出側は、各燃料噴射弁5のピエゾ圧電素子を冷却するための圧電素子冷却用導入管13に接続される。圧電素子冷却用戻管14は燃料タンク10に連結され、この戻管14を介して圧電素子冷却用導入管13を流れる燃料を燃料タンク10に回収する。各枝管15は、各高圧燃料噴射弁5を高圧用リザーバタンク7に接続する。

【0010】電子制御ユニット20はデジタルコンピュータからなり、双方向性バス21によって相互に接続されたROM（リードオンリメモリ）22、RAM（ランダムアクセスメモリ）23、CPU（マイクロプロセッサ）24、入力ポート25および出力ポート26を具備する。なお、CPU24にはバックアップRAM23aがバス21aを介して接続される。

【0011】高圧用リザーバタンク7に取り付けられた燃料圧センサ27は高圧用リザーバタンク7内の圧力を検出し、その検出信号はA/Dコンバータ28を介して入力ポート25に入力される。機関回転数N<sub>e</sub>に比例した出力パルスが発生するクランク角センサ29の出力パルスは入力ポート25に入力される。アクセルペダル（図示せず）の踏み込み量（アクセル開度 $\theta_A$ ）に応じた出力電圧が発生するアクセル開度センサ30の出力電圧はA/Dコンバータ31を介して入力ポート25に入力される。また、トランスミッションのギア位置を検出する検出器32が入力ポートに接続される。一方、各燃料噴射弁5は各駆動回路34を介して出力ポート26に接続される。また高圧燃料ポンプ8は駆動回路36を介して出力ポート26に接続される。

【0012】図3は燃料噴射弁5の側面断面図を示す。図3を参照すると、40はノズル50内に挿入されたニードル、41は加圧ロッド、42は可動プランジャ、43はばね収容室44内に配置されかつニードル40を下方に向けて押圧する圧縮ばね、45は加圧ピストン、46はピエゾ圧電素子、47は可動プランジャ42の頂部とピストン45間に形成されかつ燃料で満たされた加圧室、48はニードル加圧室を夫々示す。ニードル加圧室48は燃料通路49および枝管15を介して高圧用リザーバタンク7（図2）に連結され、従って高圧用リザーバタンク7内の高圧燃料が枝管15および燃料通路49を介してニードル加圧室48内に供給される。ピエゾ圧電素子46に電荷がチャージされるとピエゾ圧電素子46が伸長し、それによって加圧室47内の燃料圧が高められる。その結果、可動プランジャ42が下方に押圧され、ノズル口53は、ニードル40によって閉弁状態に保持される。一方、ピエゾ圧電素子46にチャージされた電荷がディスチャージされるとピエゾ圧電素子46が収縮し、加圧室47内の燃料圧が低下する。その結果、

可動プランジャ42が上昇するためにニードル40が上昇し、ノズル口53から燃料が噴射される。

【0013】図4は図2に示す機関の縦断面図を示す。図4を参照すると、60はシリンダブロック、61はシリンダヘッド、62はピストン、63はピストン62の頂面に形成された略円筒状凹部、64はピストン62頂面とシリンダヘッド61内壁面間に形成されたシリンダ室を夫々示す。点火栓6はシリンダ室64に臨んでシリンダヘッド61のほぼ中央部に取り付けられる。図面には示さないがシリンダヘッド61内には吸気ポートおよび排気ポートが形成され、これら吸気ポートおよび排気ポートのシリンダ室64内への開口部には夫々吸気弁および排気弁が配置される。燃料噴射弁5はスワール型の燃料噴射弁であり、広がり角が大きく貫徹力の弱い噴霧状の燃料を噴射する。燃料噴射弁5は、斜め下方を指向して、シリンダ室64の頂部に配置され、点火栓6近傍に向かって燃料噴射するように配置される。また、燃料噴射弁5の燃料噴射方向および燃料噴射時期は、燃料噴射がピストン62頂部に形成された凹部63を指向するように決められる。

【0014】図5は高圧燃料ポンプ8全体の側面断面図を示す。この高圧燃料ポンプ8は大きく分けるとポンプ部Aと、ポンプ部Aの吐出量を制御する吐出量制御部Bとにより構成される。図6はポンプ部Aの断面図を示しており、図7は吐出量制御部Bの拡大側面断面図を示している。図5および図6を参照すると、70は一对のプランジャ、71は各プランジャ70によって形成される加圧室、72は各プランジャ70の下端部に取り付けられたプレート、73はタベット、74はプレート72をタベット73に向けて押圧する圧縮ばね、75はタベット73により回転可能に支承されたローラ、76は機関によって駆動されるカムシャフト、77はカムシャフト76上に一体形成されたカムを夫々示し、ローラ75はカム77のカム面上を転動する。従ってカムシャフト76が回転せしめられるとそれに伴って各プランジャ70が上下動する。

【0015】図5を参照すると、ポンプ部Aの頂部には燃料供給口78が形成され、この燃料供給口78は低圧燃料ポンプ11（図2）の吐出口に接続される。この燃料供給口78は燃料供給通路79および逆止弁80を介して加圧室71に接続される。従ってプランジャ70が下降したときに燃料供給通路79から加圧室71内に燃料が供給される。81はプランジャ70周りからの漏洩燃料を燃料供給通路79へ戻するための燃料戻り通路を示す。一方、図5および図6に示されるように各加圧室71は対応する逆止弁82を介して各加圧室71に対し共通の加圧燃料通路83に接続される。この加圧燃料通路83は逆止弁84を介して加圧燃料吐出口85に接続され、この加圧燃料吐出口85はリザーバタンク7（図2）に接続される。従ってプランジャ70が上昇し

て加圧室71内の燃料圧が上昇すると加圧室71内の高圧の燃料は逆止弁82を介して加圧燃料通路83内に吐出され、次いでこの燃料は逆止弁84および燃料吐出口85を介してリザーバタンク7(図2)内に送り込まれる。一对のカム77の位相は180度だけずれており、従って一方のプランジャ70が上昇行程にあって加圧燃料を吐出しているときには他方のプランジャ70は下降行程にあって燃料を加圧室71内に吸入している。従って加圧燃料通路83内には一方の加圧室71から必ず高圧の燃料が供給されており、従って加圧燃料通路83内には各プランジャ70によって常時高圧の燃料が供給され続けている。加圧燃料通路83からは図5に示すように燃料溢流通路90が分岐され、この燃料溢流通路90は吐出量制御部Bに接続される。

【0016】図7を参照すると吐出量制御部Bはそのハウジング内に形成された燃料溢流室91と、燃料溢流通路90から燃料溢流室91に向かう燃料流を制御する溢流制御弁92とを具備する。溢流制御弁92は燃料溢流室91内に配置された弁部93を有し、この弁部93によって弁ポート94の開閉制御が行われる。また、吐出量制御部Bのハウジング内には溢流制御弁92を駆動するためのアクチュエータ95が配置される。このアクチュエータ95は吐出量制御部Bのハウジング内に摺動可能に挿入された加圧ピストン96と、加圧ピストン96を駆動するためのピエゾ圧電素子97と、加圧ピストン96によって画定された加圧室98と、加圧ピストン96をピエゾ圧電素子97に向けて押圧する皿ばね99と、吐出量制御部Bのハウジング内に摺動可能に挿入された加圧ピン100とにより構成される。加圧ピン100の上端面は溢流制御弁92の弁部93に当接しており、加圧ピン100の下端面は加圧室98内に露呈している。なお、燃料溢流室91内には加圧ピン100を常時上方に向けて付勢する皿ばね101が配置される。

【0017】溢流制御弁92の上方にばね室102が形成され、このばね室102内には圧縮ばね103が挿入される。溢流制御弁92はこの圧縮ばね103によって常時下方に向けて押圧される。燃料溢流室91は燃料流出孔104を介してばね室102内に連通しており、このばね室102は燃料流出孔105、逆止弁106および燃料流出口107を介して燃料タンク10(図2)に接続される。この逆止弁106は通常燃料流出孔105を開閉するチェックボール108と、このチェックボール108を燃料流出孔105に向けて押圧する圧縮ばね109とにより構成される。更に燃料溢流室91は燃料流出孔110、逆止弁111、ピエゾ圧電素子97の周囲に形成された燃料流出通路112および燃料流出口113を介して燃料タンク10(図2)に接続される。この逆止弁111は通常燃料流出孔110を閉鎖するチェックボール114と、このチェックボール114を燃料流出孔110に向けて押圧する圧縮ばね115とにより

構成される。また燃料溢流室91は絞り通路116および逆止弁117を介して加圧室98内に接続される。この逆止弁117は通常絞り通路116を閉鎖するチェックボール118と、このチェックボール118を絞り通路116に向けて押圧する圧縮ばね119とにより構成される。

【0018】ピエゾ圧電素子97はリード線120を介して電子制御ユニット20(図2)に接続されており、従ってピエゾ圧電素子97は電子制御ユニット20の出力信号によって制御される。ピエゾ圧電素子97は多数の薄板状圧電素子を積層した積層構造をなしており、ピエゾ圧電素子97に電荷をチャージするとピエゾ圧電素子97は軸方向に伸長し、ピエゾ圧電素子97にチャージされた電荷をディスチャージするとピエゾ圧電素子97は軸方向に収縮する。燃料溢流室91および加圧室98は燃料で満たされており、従ってピエゾ圧電素子97に電圧が印加されてピエゾ圧電素子97が軸方向に伸長すると加圧室98内の燃料圧が上昇する。加圧室98内の燃料圧が上昇すると加圧ピン100が上昇せしめられ、それに伴って溢流制御弁92も上昇せしめられる。その結果、溢流制御弁92の弁部93が弁ポート94を閉鎖し、その結果燃料溢流通路90から燃料溢流室91内への燃料の溢流が停止せしめられる。従ってこのときプランジャ70の加圧室71からの加圧燃料通路83(図6)内に吐出された全ての加圧燃料はリザーバタンク7(図2)内に送り込まれる。

【0019】一方、ピエゾ圧電素子97への電圧の印加が停止せしめられてピエゾ圧電素子97が収縮すると加圧ピストン96が下降するために加圧室98の容積が増大する。その結果、加圧室98内の燃料圧が低下するために溢流制御弁92および加圧ピン100は圧縮ばね103のばね力により下降し、斯くして溢流制御弁92の弁部93が弁ポート94を開弁する。このときプランジャ70の加圧室71から加圧燃料通路83(図6)内に吐出された全ての加圧燃料は燃料溢流通路90および弁ポート94を介して燃料溢流室91内に送り込まれる。従ってこのときにはリザーバタンク7(図2)内に加圧燃料は供給されない。

【0020】燃料溢流通路90から燃料溢流室91内に溢流した燃料は各燃料流出孔104、105、110および逆止弁106、111を介して燃料タンク10(図2)に返戻される。リザーバタンク7内の燃料圧を目標燃料圧に維持するために、一定クランク角毎に溢流制御弁92が閉弁せしめられてプランジャ70の加圧室71から吐出された加圧燃料がリザーバタンク7内に補給され、次いで再び溢流制御弁92が閉弁せしめられるまで溢流制御弁92は開弁状態に保持される。この場合、一定クランク角の間で溢流制御弁92が閉弁しているクランク角の割合が大きくなればリザーバタンク7内に補給される加圧燃料の量が増大する。ここで図8に示される

ように一定のクランク角 $\theta_0$ の間で溢流制御弁92が閉弁しているクランク角 $\theta$ の割合、即ち一定のクランク角 $\theta_0$ の間でヒエゾ圧電素子97が伸長せしめられているクランク角 $\theta$ の割合をデューティ比DT( $=\theta/\theta_0$ )と称すると、デューティ比DTが大きくなるほどリザーバタンク7内に補給される加圧燃料の量が増大することになる。

【0021】図9にはリザーバタンク7内の燃料圧を目標燃料圧に制御するためのルーチンを示す。このルーチンは一定クランク角毎の割込みによって実行される。図9を参照すると、まずステップ150においてリザーバタンク7内の平均圧力PAが読み込まれる。この平均圧力PAは、一定時間毎に検出されるリザーバタンク7内の圧力Prを複数回検出してその平均をとったものである。ステップ151では後述するポンプフラグFpが1にセットされているか否かが判定される。通常Fpは1であるためステップ152に進む。ステップ152ではリザーバタンク7内の平均圧力PAが予め定められた目標燃料圧Pn以上か否かが判定される。PA $\geq$ Pnの場合ステップ153に進みデューティ比DTが $\alpha$ だけ減じられる。これによってリザーバタンク7内に補給される加圧燃料の量が減少することになる。一方、PA<Pnの場合、ステップ154に進みデューティ比DTが $\alpha$ だけ増大せしめられる。これによってリザーバタンク7内に補給される加圧燃料の量が増大することになる。

【0022】一方、ステップ151においてポンプフラグFp=0の場合ステップ155に進みデューティ比DTは0とされる。これによってリザーバタンク7内には高圧燃料ポンプ8から燃料は供給されない。これについては後述する。ところで燃料噴射弁5から気筒内に噴射される燃料量は、従来、以下のように燃料噴射弁5のノズル口53の開弁時間を制御することによって制御されている。すなわち、機関回転数N、およびアクセル開度 $\theta A$ に基づいて、目標燃料噴射量である基本噴射量Qaが計算され、次式に基づいて燃料噴射時間 $\tau$ が計算される。

$$\tau = K \cdot Q_a$$

ここで、Kは基本噴射量を燃料噴射時間に変換するための変換係数である。この燃料噴射時間 $\tau$ に基づいて燃料噴射弁5が作動制御せしめられる。ところで、トルク変動の発生を防止するためには各気筒の発生トルクを等しくしなければならない。このため、各気筒の燃料噴射量を等しくすることが考えられる。

【0024】一方、本実施例のように気筒内に燃料を直接噴射する場合には、燃料噴射可能期間は短くなる。このため、高負荷時における多量の目標燃料噴射量を燃料噴射可能期間内において全量噴射するためには、燃料噴射弁5のノズル口53の径を大径化して単位時間当たりの燃料噴射量を増大せしめなければならない。ところがこのようにすると、図10に示すように、燃料噴射量が

燃料噴射時間に比例しない領域を、低負荷時のように燃料噴射量が少量である場合において使用せざるを得ない。

【0025】このために、燃料噴射量が多量であるときと同一の変換係数Kを用いて目標燃料噴射量を燃料噴射時間に換算すると、実際の燃料噴射量が目標噴射量から大きくずれてしまい各気筒の燃料噴射量を等しくすることができない、すなわち各気筒の発生トルクを等しくすることができないという問題を生ずる。そこで本実施例では、図10に示すように、基本噴射量QaがQi以下の低負荷領域のようにQaが $\tau_i$ に比例しない領域のうち車両がサージを発生するサージ運転領域において使用する第1の変換係数と、このサージ運転領域以外の領域において使用する第2の変換係数とを有し、第1の変換係数は、機関運転状態がサージ運転領域にあるときに、各気筒の発生トルクが等しくなるように更新せしめられ、第2の変換係数は、機関運転状態がQaと $\tau_i$ が比例する領域において各気筒の燃料噴射量が等しくなるように更新せしめている。

【0026】このようにすることによって、Qaと $\tau_i$ が比例する領域、およびQaと $\tau_i$ が比例しない領域のうちサージ運転領域において、各気筒の発生トルクを等しくすることができる。なお、ここでサージとは、定速走行時、あるいは加減速走行時における車両の前後方向の低周波振動(10Hz以下)をいう。

【0027】図11には各燃料噴射弁5の各燃料噴射時間 $\tau_i$ を計算するためのルーチンを示す。このルーチンは一定クランク角毎の割込みによって実行される。なお、ここでiは各気筒における点火順を示している。燃料噴射時間 $\tau_i$ はステップ170において次式から計算される。

$$\tau_i = Q_a \cdot K_p \cdot K_{pi} \cdot K_{pfi} \cdot (P_n / P_r)^{1/2} - \tau_0$$

ここで、Qaは基本噴射量、Kpは燃料噴射量を燃料噴射時間に換算する平均補正係数、KpiはQaと $\tau_i$ が比例する領域において各気筒における実際の燃料噴射量を目標燃料噴射量に等しくするための気筒別補正係数、Kpfiはサージ運転領域において各気筒の発生トルクを等しくするための気筒別非線形補正係数、Pnはリザーバタンク7内の目標燃料圧(図9のステップ152参照)、Prはリザーバタンク7内の現在の燃料圧、 $\tau_0$ は燃料噴射時間の補正量である。リザーバタンク7内の燃料圧は後述のようにKpおよびKpi更新時に減少せしめられるが、このときに、燃料噴射量が減少しないように $(P_n / P_r)^{1/2}$ によって圧力補正されている。

【0028】図11を参照すると、まずステップ160において機関回転数N、およびアクセル開度 $\theta A$ が読み込まれる。次いでステップ161において機関回転数N、およびアクセル開度 $\theta A$ に基づいて基本噴射量Qaが計算される。N、 $\theta A$ とQaとの関係はマップの形で

予めROM22内に記憶されており、このマップから基本噴射量 $Q_a$ が計算される。

【0029】トランスミッションのギア位置が4速と5速のときの使用期間が長い、本実施例では、4速と5速のときにおけるサージ運転領域において各気筒の発生トルクが等しくなるようにしている。ステップ162では、トランスミッションのギア位置が4速か否か判定される。次いでステップ163で、機関回転数 $N_e$ が、サージを発生する機関回転数の範囲にあるか否か判定される。肯定判定されるとステップ164に進み、基本噴射量 $Q_a$ が、ほぼ定速で水平路を走行するに相当する燃料噴射量か否か判定される。肯定判定された場合、すなわち、ギア位置4速時におけるサージ運転領域と判定された場合には、ステップ159に進み、気筒別非線形補正係数 $K_{pfi}$ に4速補正係数 $K_{p4i}$ が格納される。 $K_{pfi}$ および $K_{p4i}$ は各気筒に対応し、夫々 $K_{pfi} \sim K_{pfi4}$ および $K_{p4i} \sim K_{p44}$ を示している。なお、前述のように $i$ は点火順を示している。4速補正係数 $K_{p4i}$ は、ギア位置4速時におけるサージ運転領域において各気筒の発生トルクを等しくするための補正係数であり、後述するルーチンにおいて計算される。

【0030】ステップ162またはステップ164で否定判定された場合、すなわち、ギア位置4速時におけるサージ運転領域でないと判定された場合には、ステップ165に進み、トランスミッションのギア位置が5速か否か判定される。次いでステップ166で、機関回転数 $N_e$ が、サージを発生する機関回転数の範囲にあるか否か判定される。肯定判定されるとステップ167に進み、基本噴射量 $Q_a$ が、ほぼ定速で水平路を走行するに相当する燃料噴射量か否か判定される。肯定判定された場合、すなわち、ギア位置5速時におけるサージ運転領域と判定された場合には、ステップ168に進み、気筒別非線形補正係数 $K_{pfi}$ に5速補正係数 $K_{p5i}$ が格納される。 $K_{p5i}$ は各気筒に対応し、 $K_{p5i} \sim K_{p54}$ を示している。5速補正係数 $K_{p5i}$ は、ギア位置5速時におけるサージ運転領域において各気筒の発生トルクを等しくするための補正係数であり、後述するルーチンにおいて計算される。

【0031】ステップ165、ステップ166、およびステップ167のいずれか1つにおいて否定判定された場合、すなわち、ギア位置4速におけるサージ運転領域でも、ギア位置5速におけるサージ運転領域でもない判定された場合には、ステップ169に進み、気筒別非線形補正係数 $K_{pfi}$ は1とされる。次いでステップ170で前述のように $\tau_i$ が計算される。

【0032】図12には燃料噴射弁5の燃料噴射タイミングと平均補正係数 $K_p$ の更新のため燃料圧計測時におけるリザーバタンク7内の燃料圧の変化を示す。図13および図14には平均補正係数 $K_p$ を更新するためのメインルーチンを示す。このルーチンは一定時間毎に実行

される。更新された平均補正係数 $K_p$ はバックアップRAM23aに格納される。図13および図14を参照すると、ステップ184において、始動フラグ $F_{st}$ が1か否か判定される。始動フラグ $F_{st}$ は機関始動時に1にセットされている。始動フラグ $F_{st}$ が0の場合にはステップ171に進んで計測フラグ $F_{ca}$ を0にリセットした後本ルーチンを終了する。

【0033】始動フラグ $F_{st}=1$ の場合、ステップ185に進み、 $Q_b - \Delta q_1 \leq Q_a \leq Q_b + \Delta q_1$  (図10参照)か否か判定される。否定判定されるとステップ171に進んだ後本ルーチンを終了する。一方、肯定判定されると $Q_a$ が $K_p$ 更新実行可能範囲内と判定され、ステップ172以下に進む。 $Q_b - \Delta q_1$ から $Q_b + \Delta q_1$ の範囲は、図10に示されるように、 $Q_a$ と $\tau_i$ の関係が直線である領域のうち $Q_a$ の小さい領域、すなわち、 $Q_2$ に近い領域である。これによって、 $K_p$ の更新の機会を増大せしめるようにしている。

【0034】ステップ172では機関冷却水温 $THW$ が $80^\circ\text{C}$ 以上か否か判定される。 $THW < 80^\circ\text{C}$ の場合にはステップ171に進んだ後本ルーチンを終了する。 $THW \geq 80^\circ\text{C}$ の場合にはステップ174に進み、計測フラグ $F_{ca}$ が0にリセットされているか否か判定される。現在、計測フラグ $F_{ca}$ は0であるため、ステップ175に進み計測フラグ $F_{ca}$ は1にセットされる。次いでステップ176では累積燃料噴射量 $Q_c$ が0にクリアされ、ステップ177でリザーバタンク7内の燃料圧 $P_r$ が計測開始燃料圧 $P$ 。(図12参照)に格納される。次回以降の処理サイクルにおいては計測フラグ $F_{ca}$ は1となっているためステップ174において否定判定されるため、ステップ175からステップ177はスキップされる。ステップ178では計測完了フラグ $F_{ok}$ が1にセットされているか否か判定され、計測完了フラグ $F_{ok}$ が1にセットされていればステップ179以下に進んで平均補正係数 $K_p$ が更新される。

【0035】図15にはポンプフラグ $F_p$ 等を制御するためのルーチンを示す。このルーチンは180クランク角毎の割込みによって実行される。図15を参照すると、ステップ190では計測フラグ $F_{ca}$ が1にセットされているか否か判定される。計測フラグ $F_{ca}$ がリセットされていれば何も実行せず本ルーチンを終了する。計測フラグ $F_{ca}$ が1にセットされていれば、ステップ191に進み、リザーバタンク7内の燃料圧 $P_r$ が予め定められた下限燃料圧 $P_L$  (図12参照)以下か否か判定される。下限燃料圧 $P_L$ はリザーバタンク7内の目標燃料圧 $P_H$  (図9のステップ152参照)に対し十分に低い燃料圧であるが、燃料噴射に支障ない程度の燃料圧である。リザーバタンク7内の燃料圧は目標燃料圧 $P_H$ となるように制御されているため、ステップ191では否定判定されステップ192に進む。ステップ192ではポンプフラグ $F_p$ が0にリセットされる。このため図9の

ステップ151において否定判定され、デューティ比DTが0とされる。このため、高圧燃料ポンプ8からリザーバタンク7内への加圧燃料供給が停止せしめられる。斯くして、図12に示すように、燃料噴射が実行される毎にリザーバタンク7内の燃料圧は低下する。計測開始燃料圧 $P_0$ は、リザーバタンク7内への加圧燃料供給が停止されて最初の燃料噴射が実行される直前の燃料圧を示している。

【0036】再び図15を参照すると、ステップ193では燃料噴射が実行される毎に基本噴射量 $Q_b$ が累積噴射量 $Q_c$ に累積されていく。一方、ステップ191において $P_r \leq P_L$ と判定されると、ステップ194に進み、このときのリザーバタンク7内の燃料圧 $P_r$ が計測終了燃料圧 $P_n$ に格納される。次いでステップ195ではポンプフラグ $F_p$ が1にセットされる。これによって、図9のステップ151において肯定判定されるため、リザーバタンク7内の燃料圧が目標燃料圧 $P_n$ となるようにデューティ比DTが制御せしめられ、リザーバタンク7内に加圧燃料が供給開始される。図15のステップ196では計測完了フラグ $F_{ok}$ が1にセットされる。

【0037】以上のように、このルーチンでは、計測フラグ $F_{ca}$ がセットされると、リザーバタンク7内への加圧燃料供給を停止せしめると共にこのときのリザーバタンク7内の燃料圧を $P_0$ とし、燃料圧が下限燃料圧 $P_L$ 以下となるまで、基本噴射量 $Q_b$ を燃料噴射毎に加算し、燃料圧が下限燃料圧 $P_L$ 以下となったときの燃料圧を $P_n$ とし、このときリザーバタンク7内への加圧燃料供給を開始すると共に計測完了フラグ $F_{ok}$ をセットするようにしている。

【0038】再び図13および図14を参照すると、図15のルーチンで計測が完了すると計測完了フラグ $F_{ok}$ が1にセットされるため、ステップ178で肯定判定されてステップ179に進む。ステップ179では低下燃料圧 $\Delta P$ が次式により計算される。

$$\Delta P = P_0 - P_n$$

ステップ180では、燃料噴射によるリザーバタンク7内の低下燃料圧 $\Delta P$ に基づいて次式から実際の総燃料噴射量 $Q_p$ が計算される。

$$Q_p = \Delta P \cdot 1 / k_a$$

ここで $k_a$ は係数である。ステップ181では次式により仮平均補正係数 $K_{pn}$ が計算される。

$$K_{pn} = K_p \cdot Q_c / Q_p$$

ここで、例えば計算された累積燃料噴射量（噴射されるべき総燃料噴射量） $Q_c$ を100とし、このときの実際の総燃料噴射量 $Q_p$ を95とすると、 $K_{pn} = K_p \cdot 100 / 95$ となって仮平均補正係数 $K_{pn}$ は大きくなる。 $K_p$ は以下のように $K_{pn}$ から求められ、 $K_{pn}$ が増大すると $K_p$ も増大する。このため、燃料噴射時間は増大するために（図11ステップ170参照）、実際の燃料噴射量

は増大し、 $Q_p$ を $Q_c$ に等しくすることができる。ステップ182では次式に基づいて平均補正係数 $K_p$ が更新せしめられる。

$$[0040] K_p + (K_{pn} - K_p) / N$$

この式を変形すると次式のように書ける。

$$\{ (N-1) K_p + K_{pn} \} / N$$

この式からわかるように、 $K_p$ に $N-1$ の重み付けをし、 $K_{pn}$ に1の重み付けをすることによって $K_p$ を更新しているのである。次いでステップ183では計測完了フラグ $F_{ok}$ 、計測フラグ $F_{ca}$ 、および始動フラグ $F_{st}$ が夫々0にリセットされる。以上の処理によって、平均補正係数 $K_p$ は、実際の総燃料噴射量 $Q_p$ を計算された累積燃料噴射量（目標燃料噴射量） $Q_c$ に等しくするように更新される。

【0041】図16には、気筒別補正係数 $K_{pi}$ を更新するため燃料圧低下量計測時における燃料噴射タイミングとリザーバタンク7内の燃料圧の変化を示す。この実施例では、リザーバタンク7内への燃料供給を停止せしめると共に4気筒のうちの1つの気筒の燃料噴射を禁止せしめることによって、気筒別補正係数 $K_{pi}$ を更新するようにしている。気筒別補正係数 $K_{pi}$ の更新は、平均補正係数 $K_p$ が更新される毎に $K_p$ の更新に続いて1回実行され、更新された気筒別補正係数 $K_{pi}$ はバックアップRAM23aに夫々格納される。

【0042】図17から図19には気筒別補正係数 $K_{pi}$ を更新するためのルーチンを示す。このルーチンは一定時間毎の割り込みによって実行される。まず、ステップ200において始動フラグ $F_{st}$ がリセットされているか否か判定される。始動フラグ $F_{st}$ は、機関始動時において1にセットされており、平均補正係数 $K_p$ が更新された後に0にリセットされる。始動フラグ $F_{st}$ が0でない場合、すなわち平均補正係数 $K_p$ が未だ更新されていない場合には何も実行せずに本ルーチンを終了する。一方、始動フラグ $F_{st} = 0$ の場合、すなわち平均補正係数 $K_p$ の更新が完了した場合にはステップ221に進み、 $Q_b - \Delta q_1 \leq Q_a \leq Q_b + \Delta q_1$ （図10参照）か否か判定される。否定判定されるとステップ222で更新フラグ $F_b$ を0とし、ステップ203でポンプフラグ $F_p$ を1に維持し、本ルーチンを終了する。

【0043】一方、肯定判定されると、ステップ201に進み、機関冷却水温THWが80℃以上か否か判定される。なお、平均補正係数 $K_p$ の更新が完了した場合にはポンプフラグ $F_p$ は1にセットされており、従ってリザーバタンク7には加圧燃料が供給されて目標燃料圧 $P_n$ に向かって昇圧されることとなる。THW $\geq 80^\circ\text{C}$ と判定されるとステップ202に進み、 $i$ が1以上かつ4以下か否か判定される。ステップ201およびステップ202のうちいずれか一方でも否定判定されると、ステップ203に進み、ポンプフラグ $F_p$ は1に維持され、本ルーチンを終了する。最初 $i$ は1にセットされてお



13

り、このためステップ202で、 $1 \leq i \leq 4$ と判定されてステップ204に進む。ステップ204では更新フラグF<sub>B</sub>がリセットされているか否か判定される。更新フラグF<sub>B</sub>は最初リセットされているため肯定判定されてステップ205に進む。ステップ205では、リザーバタンク7内の燃料圧P<sub>r</sub>が予め定められた圧力P<sub>a</sub>以上か否か判定される。P<sub>a</sub>は目標燃料圧P<sub>M</sub>より少しだけ低い圧力である。平均補正係数K<sub>P</sub>の更新のためリザーバタンク7内の燃料圧が低下せしめられた後十分に昇圧されていない場合には、ステップ205で否定判定されてステップ203に進み本ルーチンを終了する。

【0044】リザーバタンク7内の燃料圧が十分に昇圧せしめられてP<sub>r</sub> ≥ P<sub>a</sub>になると、ステップ206に進み、更新フラグF<sub>B</sub>および計測フラグF<sub>d</sub>が1にセットされ、カウンタC<sub>a</sub>が予め定められた値C<sub>a0</sub>にセットされ、累積噴射量Q<sub>c</sub>が0にクリアされる。ここでC<sub>a0</sub>は4の倍数であり、例えば12である。次いでステップ207では、このときのリザーバタンク7内の燃料圧P<sub>r</sub>が計測開始燃料圧P<sub>1</sub>（図16参照）に格納される。

今、更新フラグF<sub>B</sub>は1にセットされているため、次回以後の処理サイクルにおいてはステップ204で否定判定され、ステップ205からステップ207はスキップされる。次いでステップ208ではポンプフラグF<sub>P</sub>がリセットされ、リザーバタンク7への加圧燃料供給が停止せしめられる（図9参照）。ステップ209ではカウンタC<sub>a</sub>が0か否か判定される。カウンタC<sub>a</sub>が0であればステップ210以下に進んで気筒別補正係数K<sub>Pi</sub>が更新され、カウンタC<sub>a</sub>が0でなければ本ルーチンを終了する。

【0045】図20には燃料噴射を制御するためのルーチンを示す。このルーチンは180クランク角毎の割込みによって実行される。まず、ステップ230で計測フラグF<sub>d</sub>が1にセットされているか否か判定される。計測フラグF<sub>d</sub>が0にリセットされていればステップ242に進み燃料噴射時間がセットされ、予め定められたクランク角において燃料噴射が実行される。すなわち、計測フラグF<sub>d</sub>がリセットされているときには、必ず燃料噴射時間がセットされ、従って全気筒において燃料噴射が実行される。計測フラグF<sub>d</sub>が1にセットされている場合、ステップ231に進み、点火順i番目に対応する気筒、すなわち、点火順第i気筒の噴射か否か判定される。点火順第i気筒の噴射でなければステップ232に進み燃料噴射時間がセットされ、予め定められたクランク角において燃料噴射が実行される。一方、点火順第i気筒の噴射であればステップ232はスキップされる。従って点火順第i気筒だけ燃料噴射が実行されない。ステップ233では、カウンタC<sub>a</sub>が0か否か判定される。カウンタC<sub>a</sub>が0でない場合には、ステップ234に進みカウンタC<sub>a</sub>が1だけデクリメントされる。従ってカウンタC<sub>a</sub>は180クランク角毎に1ずつデクリメ

14

ントされることになる。一方、カウンタC<sub>a</sub>が0の場合には本ルーチンは終了する。次いで180クランク角毎にステップ235では基本噴射量Q<sub>a</sub>（図11参照）が累積噴射量Q<sub>c</sub>に累積されていく。

【0046】再び図17から図19を参照すると、ステップ209においてカウンタC<sub>a</sub>が0と判定された場合、すなわち、カウンタC<sub>a</sub>の設定値が12であるから第i気筒以外の各気筒について燃料噴射が3回実行完了した場合には、ステップ210以下に進んで気筒別補正係数K<sub>Pi</sub>が更新される。ステップ210ではこのときのリザーバタンク7内の燃料圧P<sub>r</sub>が計測終了燃料圧P<sub>2</sub>（図16参照）に格納される。次いでステップ211ではP<sub>1</sub>とP<sub>2</sub>との差圧P<sub>d</sub>が計算される。次いでステップ212では、点火順第i気筒の燃料噴射が禁止された状態での実際の総噴射量Q<sub>Pgi</sub>が次式に基づいて計算される。

$$【0047】 Q_{Pgi} = P_d \cdot 1 / k_a$$

ここでk<sub>a</sub>は係数である。iは最初1であるため、第1気筒の燃料噴射が禁止された状態での実際の総噴射量Q<sub>Pg1</sub>が次式から計算されることになる。

$$Q_{Pg1} = P_d \cdot 1 / k_a$$

ステップ213では第i気筒から実際に噴射されるであろう総噴射量Q<sub>Pi</sub>が次式から計算される。

$$【0048】 Q_{Pi} = Q_c - Q_{Pgi}$$

平均補正係数K<sub>P</sub>の更新の実行により、全気筒において燃料噴射したとした場合の全気筒の実際の総噴射量Q<sub>P</sub>は累積噴射量Q<sub>c</sub>と等しいと考えられる。従ってQ<sub>c</sub> - Q<sub>Pgi</sub>は点火順第i気筒から実際に噴射されるであろう総噴射量となる。ステップ214では、4の整数倍の噴射回数の累積噴射量Q<sub>c</sub>を気筒数4で割ることによって1気筒分の累積噴射量（噴射すべき燃料量）Q<sub>ci</sub>が計算される。ステップ215では点火順第i気筒の仮補正係数K<sub>Pni</sub>が次式により計算される。

$$【0049】 K_{Pni} = K_{Pi} \cdot Q_{ci} / Q_{Pi}$$

ここで、例えば計算された点火順第i気筒の累積噴射量（第i気筒の噴射されるべき総燃料噴射量）Q<sub>ci</sub>を100とし、このときの点火順第i気筒から実際に噴射されるであろう総燃料噴射量Q<sub>Pi</sub>を95とすると、K<sub>Pni</sub> = K<sub>Pi</sub> · 100 / 95となって点火順第i気筒の仮補正係数K<sub>Pni</sub>は大きくなる。K<sub>Pi</sub>はK<sub>Pni</sub>から求められ、K<sub>Pni</sub>が増大するとK<sub>Pi</sub>も増大する。このため、点火順第i気筒の燃料噴射時間τ<sub>i</sub>（図11のステップ170参照）は増大するために、点火順第i気筒の実際の燃料噴射量は増大しQ<sub>Pi</sub>をQ<sub>ci</sub>に等しくすることができる。ステップ216では次式に基づいて点火順第i気筒の第1の気筒別補正係数K<sub>Pi</sub>の更新値が求められK<sub>Pi</sub>'に格納される。

$$【0050】 K_{Pi} + (K_{Pni} - K_{Pi}) / M$$

この式を変形すると次式のように書ける。

$$\{ (M-1) K_{Pi} + K_{Pni} \} / M$$

この式からわかるように、 $K_{Pi}$ に $M-1$ の重み付けをし、 $K_{Pni}$ に1の重み付けをすることによって $K_{Pi}$ を更新しているのである。

【0051】このようにして点火順第1気筒の気筒別補正係数 $K_{P1}$ の更新値が求められると、ステップ217に進み $i$ が1だけインクリメントされる。ステップ218では更新フラグ $F_B$ および計測フラグ $F_d$ がリセットされる。 $F_d$ がリセットされると、点火順第 $i$ 気筒の燃料噴射も実行され全気筒の燃料噴射が再び実行される(図20参照)。次いでステップ219で $i$ が5か否か判定される。今 $i$ は2であるため否定判定されて本ルーチンを終了する。

【0052】第4気筒の気筒別補正係数 $K_{P4}$ の更新値 $K_{P4'}$ まで求められると、ステップ217で $i=5$ となり、ステップ219で肯定判定されてステップ220に進む。ステップ220では気筒別補正係数 $K_{P1} \sim K_{P4}$ が更新される。これは、気筒別補正係数 $K_{P1} \sim K_{P4}$ の更新値 $K_{P1'} \sim K_{P4'}$ を夫々求める毎に気筒別補正係数 $K_{P1} \sim K_{P4}$ を夫々更新すると更新値 $K_{P1'} \sim K_{P4'}$ を正確に求められないために、全ての更新値 $K_{P1'} \sim K_{P4'}$ を求めた後、気筒別補正係数 $K_{P1} \sim K_{P4}$ を一度に更新するようにしているのである。次いでステップ225でフラグ\*

$$WDT_i = \frac{T180_i - (T180_{i-1} + T180_{i+1}) / 2}{(T180_{i-1} + T180_{i+1}) / 2}$$

ここで、 $T180_j$ は180クランク角回転するのに要する時間であって前回検出されたものを示しており、 $T180_{j-1}$ は180クランク角回転するのに要する時間であって前前回検出されたものを示している。各気筒の燃焼行程において発生されるトルクが大きい程、燃焼行程の180クランク角に要する時間が短縮されるため、結局 $T180_{j-1}$ 、 $T180_j$ 、 $T180_{j+1}$ は夫々間接的に発生トルクを示している。

【0056】図22を参照すると、 $(T180_{j-1} + T180_{j+1}) / 2$ は $T180_{j-1}$ と $T180_{j+1}$ との相加平均であり、従って平均発生トルクを示していると考えられる。従って、 $T180_j - (T180_{j-1} + T180_{j+1}) / 2$ は、図22の $J$ における発生トルクの平均トルクからの変化を示している。再び図21を参照すると、ステップ257において $T180_j$ が $T180_{j-1}$ に格納され、ステップ258において $T180_{j+1}$ が $T180_j$ に格納され、さらにステップ259で $T180_{j+1}$ が0とされ次の計算の準備を行なって本ルーチンを終了する。ステップ252で否定判定されると、ステップ253からステップ259がスキップされる。

【0057】図23から図26には4速補正係数 $K_{P4}$ および5速補正係数 $K_{P5}$ を計算するためのルーチンを示す。このルーチンは180クランク角毎の割込みによって実行される。図23から図26を参照すると、まず、ステップ270においてフラグ $F_r$ がセットされ※50

\* $F_r$ が1にセットされる。

【0053】図21には各気筒のトルク変動率を計算するためのルーチンを示す。このルーチンは30クランク角毎の割込みによって実行される。図21を参照すると、まずステップ250で30クランク角回転するのに要する時間 $T30CA$ が計算される。次いでステップ251で $T30CA$ が累積加算され $T180_{j+1}$ に格納される。以下に説明するように、 $T180_{j+1}$ は各気筒の上死点毎に使用されるため、各気筒の上死点時における $T180_{j+1}$ は、180クランク角回転するのに要する時間であって今回検出されたものを示している。

【0054】ステップ252では各気筒の上死点か否か判定される。本実施例は4気筒内燃機関であるため、180クランク角毎にステップ252で肯定判定される。ステップ252で肯定判定されるとステップ253に進み、点火順を示す $i$ が1だけインクリメントされる。ステップ254およびステップ255で、 $i$ が4より大きくなると $i$ は1とされる。ステップ256では点火順が $i$ 番目の気筒、すなわち点火順第 $i$ 気筒のトルク変動率 $WDT_i$ が次式より計算される。

【0055】

※しているか否か判定される。フラグ $F_r$ は機関始動時において0にリセットされており気筒別補正係数 $K_{Pi}$ が更新されると1にセットされる。従ってフラグ $F_r$ がリセットされている場合、すなわち気筒別補正係数 $K_{Pi}$ が未だ更新されていない場合にはステップ292で4速フラグ $Xwca4$ をリセットし、ステップ293で5速フラグ $Xwca5$ をリセットした後本ルーチンを終了する。一方、フラグ $F_r$ が1にセットされている場合、すなわち気筒別補正係数 $K_{Pi}$ の更新が完了した場合にはステップ162に進む。ステップ163からステップ167は図11のステップ163からステップ167と同一であり説明を省略する。

【0058】ステップ164で肯定判定された場合、すなわち、ギア位置4速時におけるサージ運転領域と判定された場合には、ステップ271に進み5速フラグ $Xwca5$ がリセットされる。次いでステップ272で、4速フラグ $Xwca4$ がリセットされているか否か判定される。最初 $Xwca4$ はリセットされているため肯定判定されてステップ273に進む。ステップ273では4速フラグ $Xwca4$ が1にセットされ、ステップ274ではカウンタ $CSDT$ が64にセットされる。次いで、ステップ275では、点火順1番目から4番目に対応する気筒、すなわち、点火順第1気筒から点火順第4気筒の夫々の累積トルク変動率 $SWDT_1$ 、 $SWDT_2$ 、 $SWDT_3$ 、 $SWDT_4$ が0にクリアされる。次回以後の

処理サイクルにおいては、4速フラグXwca4が1にセットされているために、ステップ273からステップ275がスキップされる。

【0059】ステップ276では、カウンタCSDTが0になったか否か判定される。今、カウンタCSDTは64にセットされているために否定判定されてステップ277に進む。ステップ277では、点火順第i気筒のトルク変動率WDTiが各気筒毎に累積加算されて点火順第i気筒の累積トルク変動率SWDTiに夫々格納される。ステップ278ではカウンタCSDTが1だけデクリメントされる。

【0060】従って、本実施例では4気筒内燃機関であり、またカウンタCSDTは当初64にセットされているために、点火順第1気筒から点火順第4気筒のトルク変動率WDT1～WDT4が夫々16回累積加算される。これは誤差を低減するためである。WDT1～WDT4が夫々16回加算されるとカウンタCSDTは0になるために、ステップ276で肯定判定されてステップ279に進み、4速フラグXwca4がリセットされる。次いでステップ280で次式により、点火順第1気筒から点火順第4気筒の各4速補正係数Kp41, Kp42, Kp43, Kp44が更新されて、本ルーチンを終了する。

$$\begin{aligned} & \text{【0061】} Kp41 + SWDT1 \cdot \alpha \\ & Kp42 + SWDT2 \cdot \alpha \\ & Kp43 + SWDT3 \cdot \alpha \\ & Kp44 + SWDT4 \cdot \alpha \end{aligned}$$

ここで $\alpha$ は小さい正の数である。

【0062】点火順第i気筒の発生トルクが平均発生トルクに比較して大きい程SWDTiは負の数となってその絶対値は増大する。このため、上式によって更新されるKp4iは減少する。図11のステップ170に示される式からわかるようにKp4i (=Kpfi)が減少すると $\tau_i$ も減少して燃料噴射量が減少する。従って、点火順第i気筒の発生トルクは減少せしめられて平均発生トルクに徐々に近づけていくことができる。この近づく速度は係数 $\alpha$ の大きさによって決まり、本実施例では $\alpha$ を十分に小さくしているために、各気筒の発生トルクを平均発生トルクに徐々に等しくすることができ、斯くして各気筒の発生トルクを等しくすることができる。

【0063】一方、ステップ167で肯定判定された場合、すなわち、ギア位置5速時におけるサージ運転領域と判定された場合には、ステップ282に進む。ステップ282からステップ291は、ステップ271からステップ280と基本的には同じである。ステップ282では、4速フラグXwca4がリセットされる。次いでステップ283で、5速フラグXwca5がリセットされているか否か判定される。最初Xwca5はリセットされているため肯定判定されてステップ284に進む。ステップ284では5速フラグXwca5が1にセット

され、ステップ285ではカウンタCSDTが64にセットされる。次いで、ステップ286では、点火順1番目から4番目に対応する気筒、すなわち、点火順第1気筒から点火順第4気筒の夫々の累積トルク変動率SWDT1, SWDT2, SWDT3, SWDT4が0にクリアされる。次回以後の処理サイクルにおいては、5速フラグXwca5が1にセットされているために、ステップ284からステップ286がスキップされる。

【0064】ステップ287では、カウンタCSDTが0になったか否か判定される。今、カウンタCSDTは64にセットされているために否定判定されてステップ288に進む。ステップ288では、点火順第i気筒のトルク変動率WDTiが各気筒毎に累積加算されて点火順第i気筒の累積トルク変動率SWDTiに夫々格納される。ステップ289ではカウンタCSDTが1だけデクリメントされる。

【0065】従って、本実施例では4気筒内燃機関であり、またカウンタCSDTは当初64にセットされているために、点火順第1気筒から点火順第4気筒のトルク変動率WDT1～WDT4が夫々16回累積加算される。WDT1～WDT4が夫々16回加算されるとカウンタCSDTは0になるために、ステップ287で肯定判定されてステップ290に進み、5速フラグXwca5がリセットされる。次いでステップ291で次式により、点火順第1気筒から点火順第4気筒の各5速補正係数Kp51, Kp52, Kp53, Kp54が更新されて、本ルーチンを終了する。

$$\begin{aligned} & \text{【0066】} Kp51 + SWDT1 \cdot \beta \\ & Kp52 + SWDT2 \cdot \beta \\ & Kp53 + SWDT3 \cdot \beta \\ & Kp54 + SWDT4 \cdot \beta \end{aligned}$$

ここで $\beta$ は小さい正の数である。

【0067】これによって前述と同様に、各気筒の発生トルクを等しくすることができる。以上のように本実施例によれば、燃料噴射量が燃料噴射時間に比例する領域では各気筒の燃料噴射弁の燃料噴射量を等しくせしめることによって各気筒の発生トルクを等しくすることができる。また、燃料噴射量が燃料噴射時間に比例しない領域のうちサージ運転領域においては各気筒の発生トルクを等しくすることができる。サージ運転領域においては4速補正係数および5速補正係数は常に更新されているために、各気筒の発生トルクを常に等しくすることができる。また、特に、サージ運転領域においては、各気筒の発生トルクが異なるとサージが発生するために、燃料噴射量が燃料噴射時間に比例しない領域のうちでも特にサージ運転領域において各気筒の発生トルクを等しくすることによって、サージの発生を防止することができる。

【0068】

【発明の効果】サージ運転領域においても各気筒の発生トルクを等しくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】発明の構成図である。

【図2】4気筒ガソリン機関の全体図である。

【図3】燃料噴射弁の縦断面図である。

【図4】図1に示す機関の縦断面図である。

【図5】高圧燃料ポンプの縦断面図である。

【図6】図5のVI-VI線に沿ってみた高圧燃料ポンプの断面図である。

【図7】図5の吐出量制御部の拡大側面断面図である。

【図8】ピエゾ圧電素子および溢流制御弁の作動を示す 10 タイムチャートである。

【図9】デューティ比DTを制御するためのフローチャートである。

【図10】基本噴射量 $Q_b$ と燃料噴射時間 $\tau_i$ との関係を示す線図である。

【図11】燃料噴射時間 $\tau_i$ を計算するためのフローチャートである。

【図12】平均補正係数 $K_p$ 更新時における燃料噴射タイミングおよびリザーバタンク内の燃料圧の変化を示す線図である。

20 【図25】 $K_p$  4i および $K_p$  5i を計算するためのフローチャートである。

【図13】平均補正係数 $K_p$ を更新するためのフローチャートである。

【図14】平均補正係数 $K_p$ を更新するためのフローチャートである。

【図15】ポンプフラグ $F_p$ 等を制御するためのフローチャートである。

【図16】気筒別補正係数 $K_{pi}$ 更新時における燃料噴射タイミングおよびリザーバタンク内の燃料圧の変化を示す線図である。

【図17】気筒別補正係数 $K_{pi}$ を更新するためのフローチャートである。

【図18】気筒別補正係数 $K_{pi}$ を更新するためのフローチャートである。

【図19】気筒別補正係数 $K_{pi}$ を更新するためのフローチャートである。

【図20】燃料噴射を制御するためのフローチャートである。

【図21】トルク変動率 $WD T_i$ を計算するためのフローチャートである。

【図22】トルク変動率 $WD T_i$ の計算を説明するための線図である。

【図23】 $K_p$  4i および $K_p$  5i を計算するためのフローチャートである。

【図24】 $K_p$  4i および $K_p$  5i を計算するためのフローチャートである。

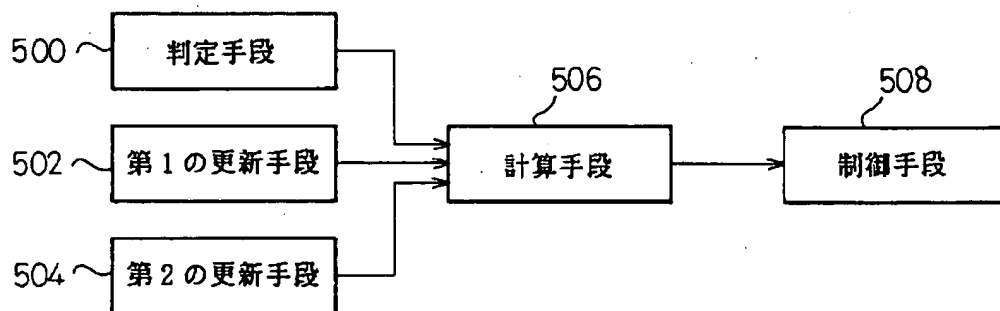
【図25】 $K_p$  4i および $K_p$  5i を計算するためのフローチャートである。

【図26】 $K_p$  4i および $K_p$  5i を計算するためのフローチャートである。

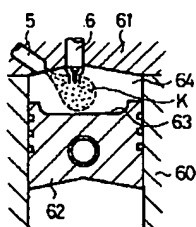
【符号の説明】

5…燃料噴射弁

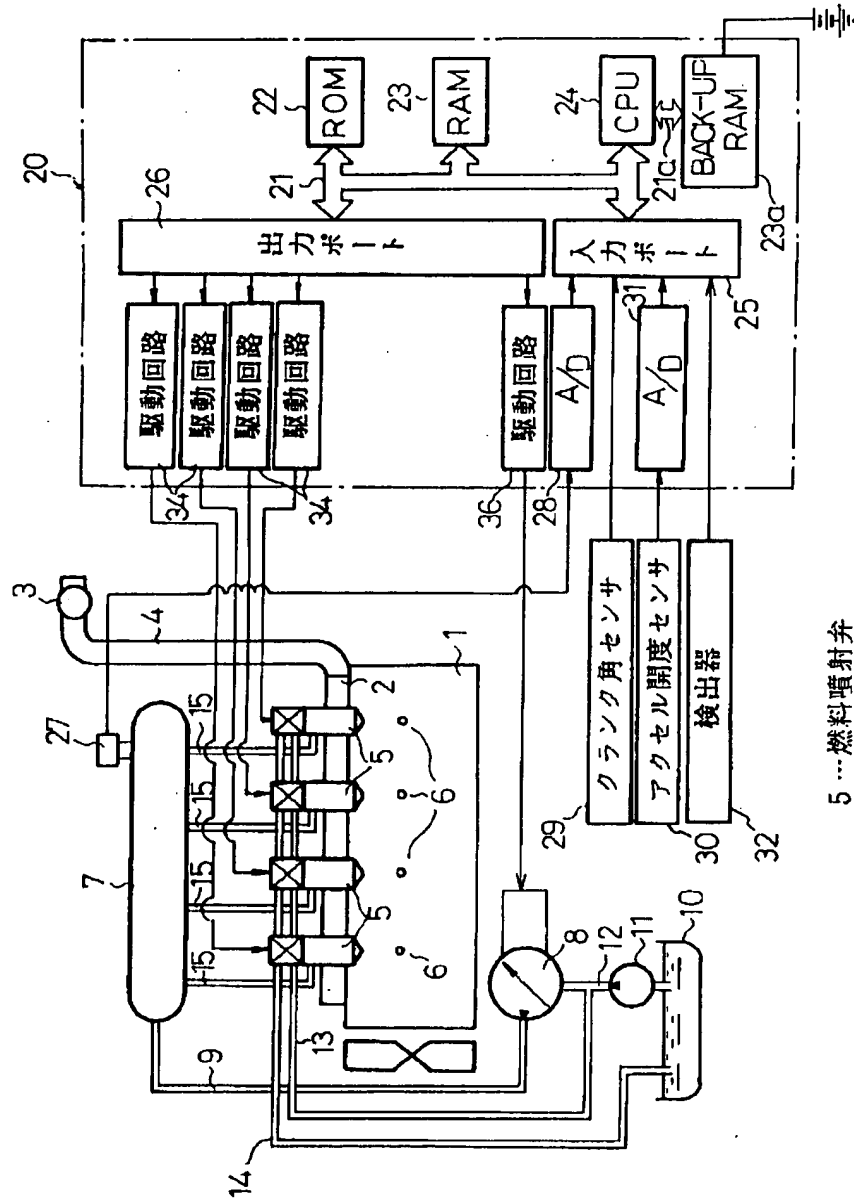
【図1】



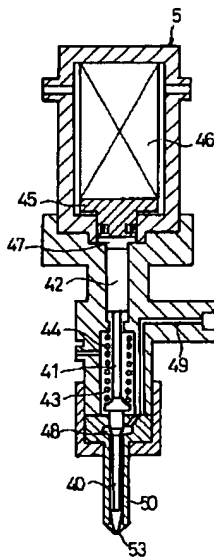
【図4】



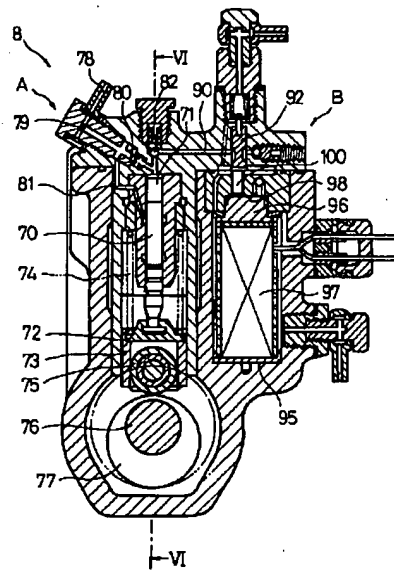
【図2】



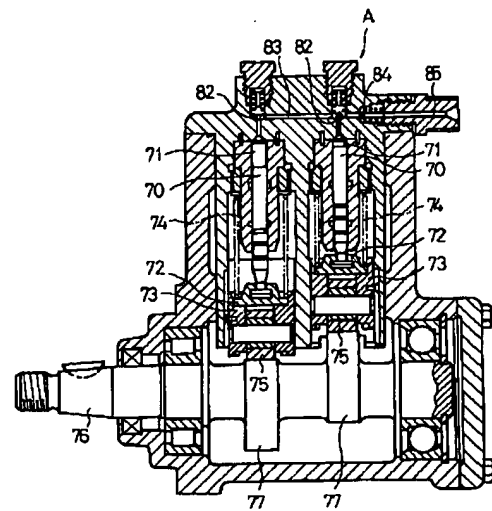
【図3】



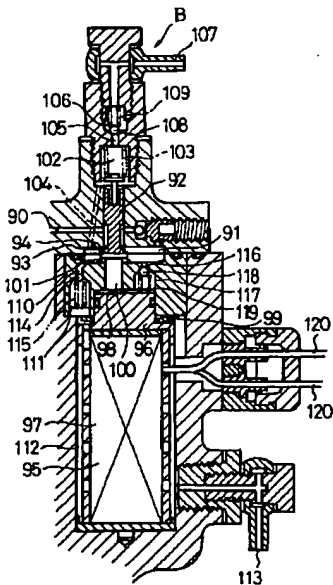
【図5】



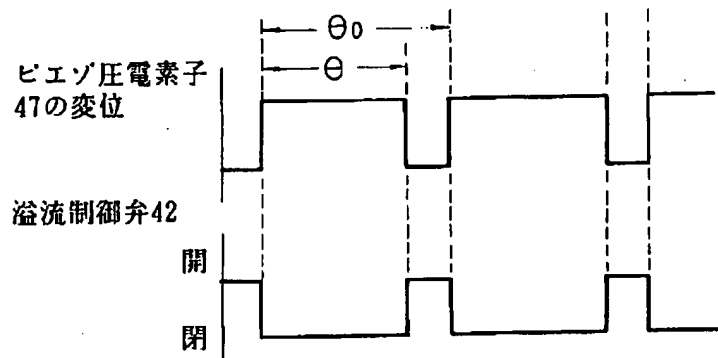
【図6】



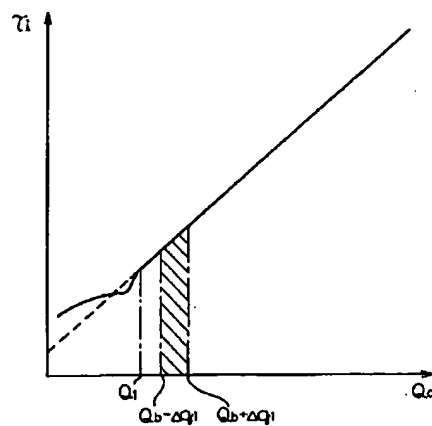
【図7】



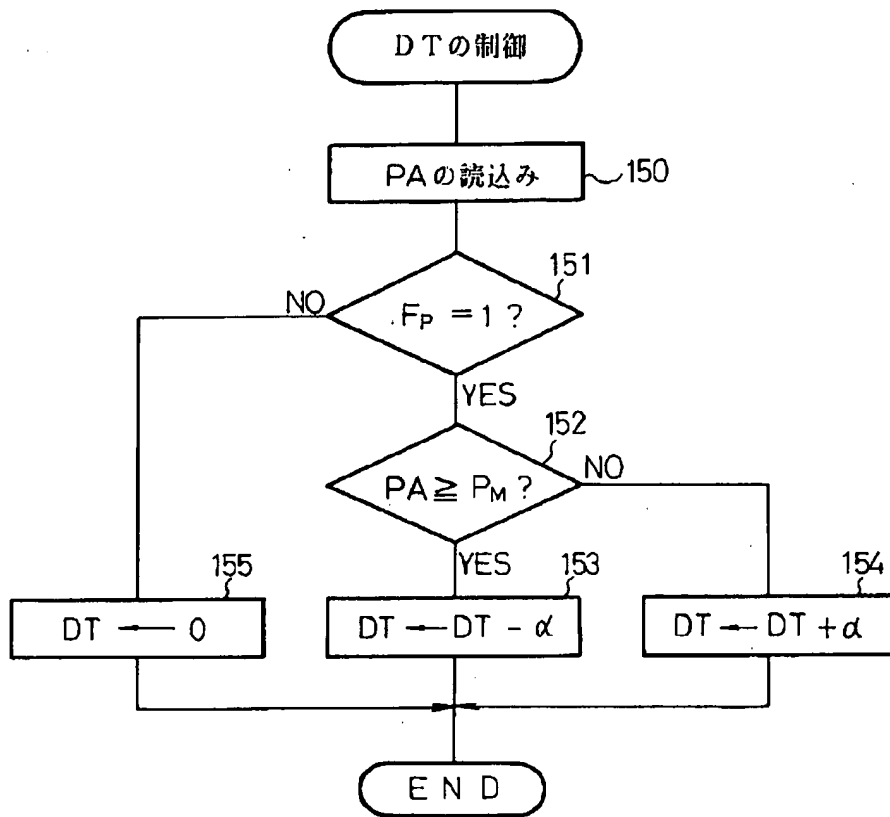
【図8】



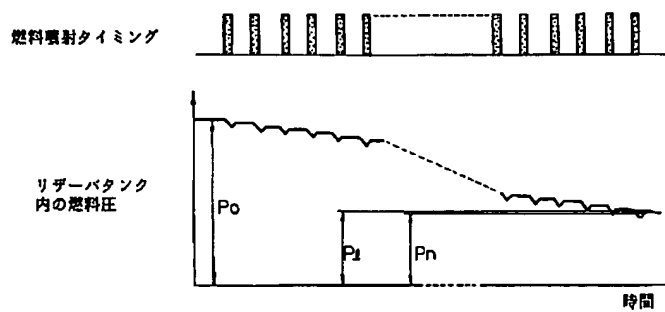
【図10】



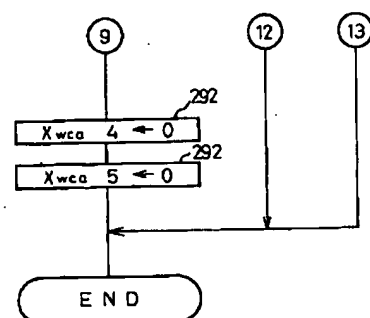
【図9】



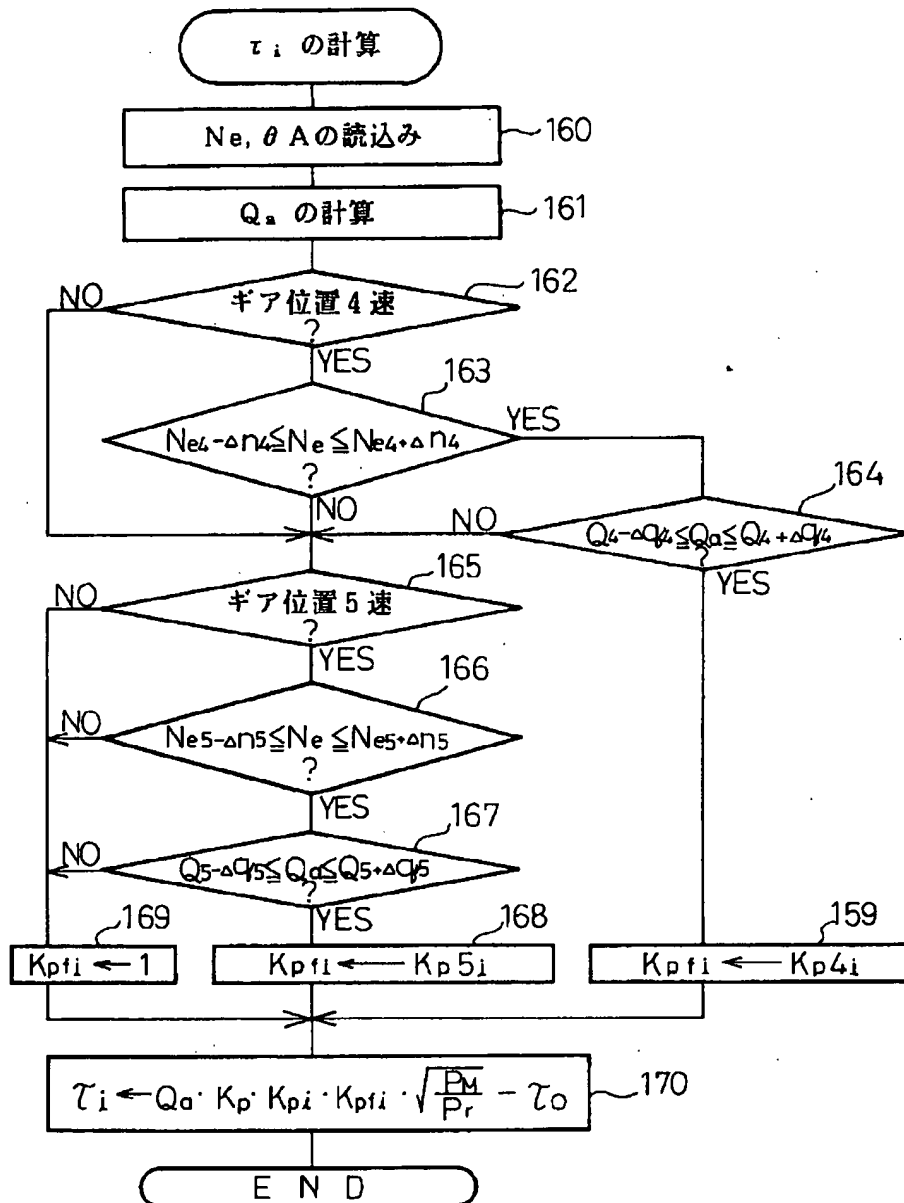
【図12】



【図26】

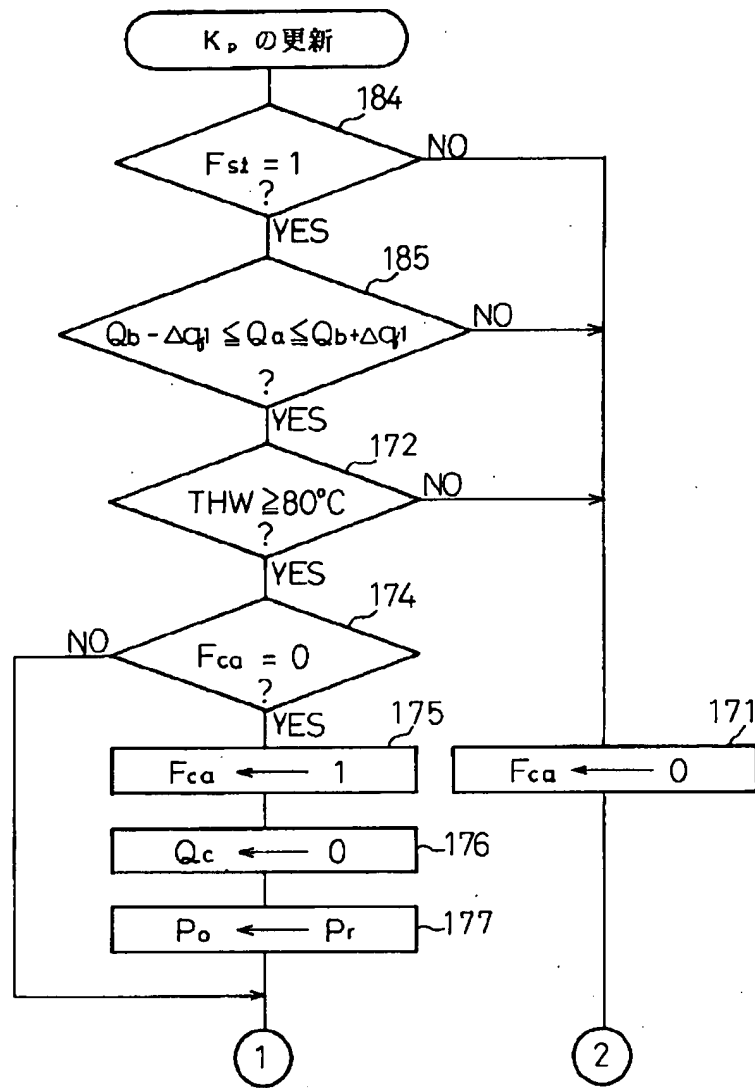


【図11】

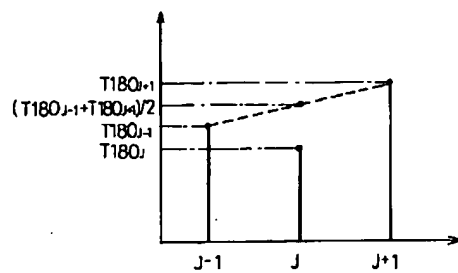




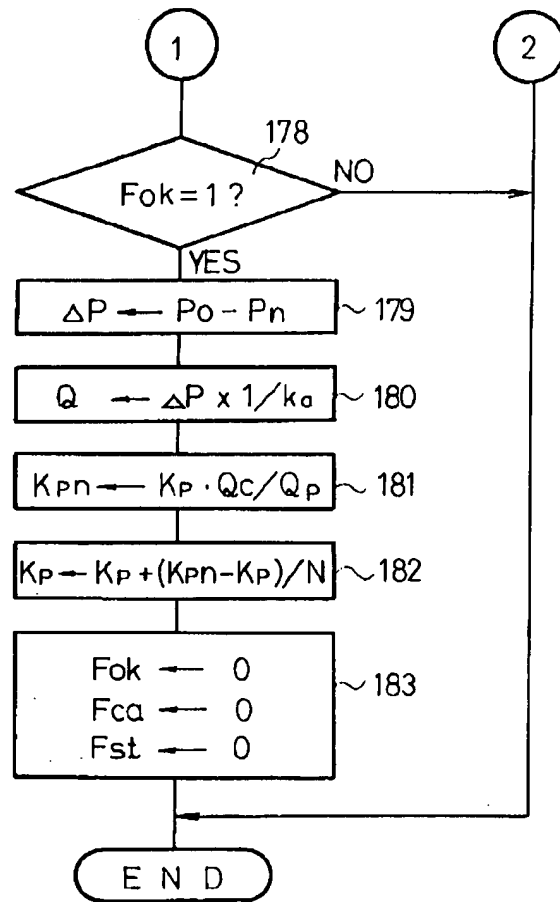
【図13】



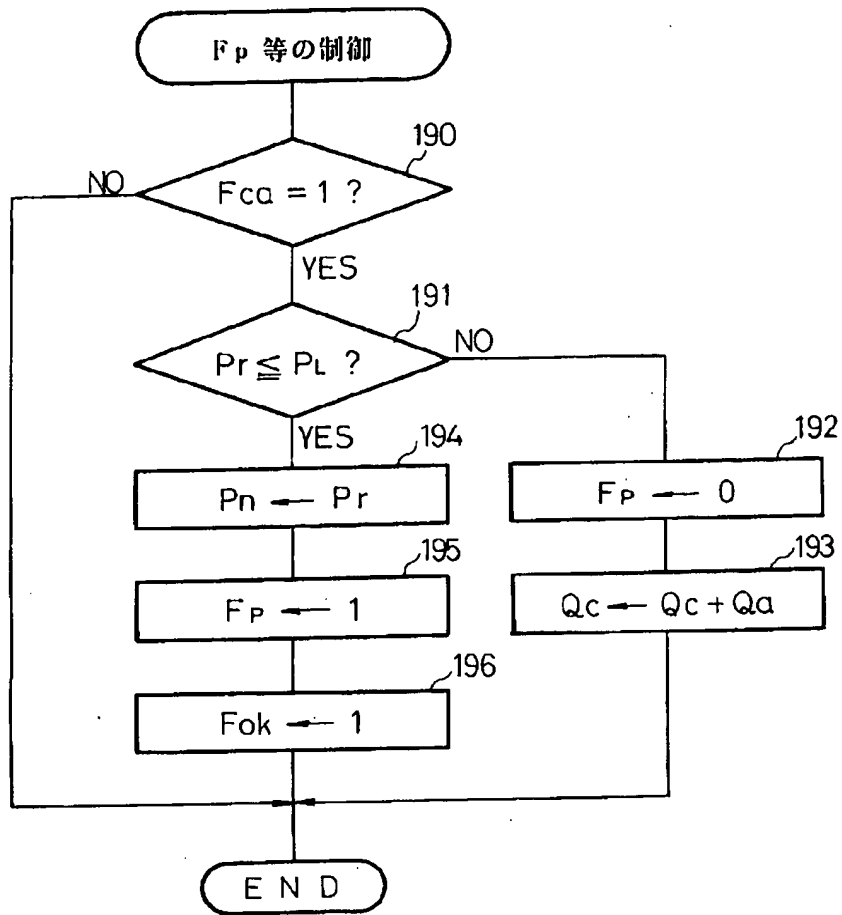
【図22】



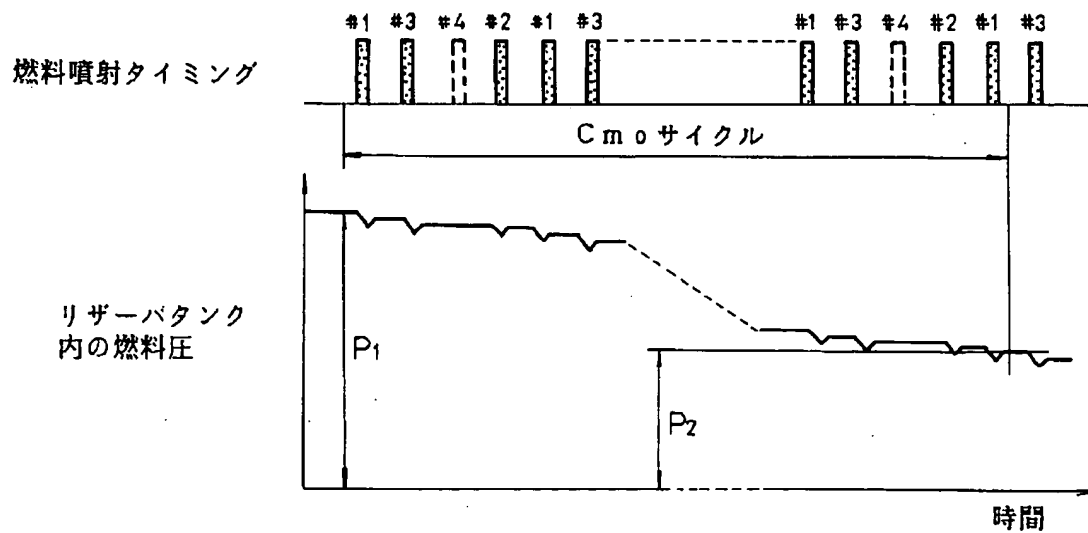
【図14】



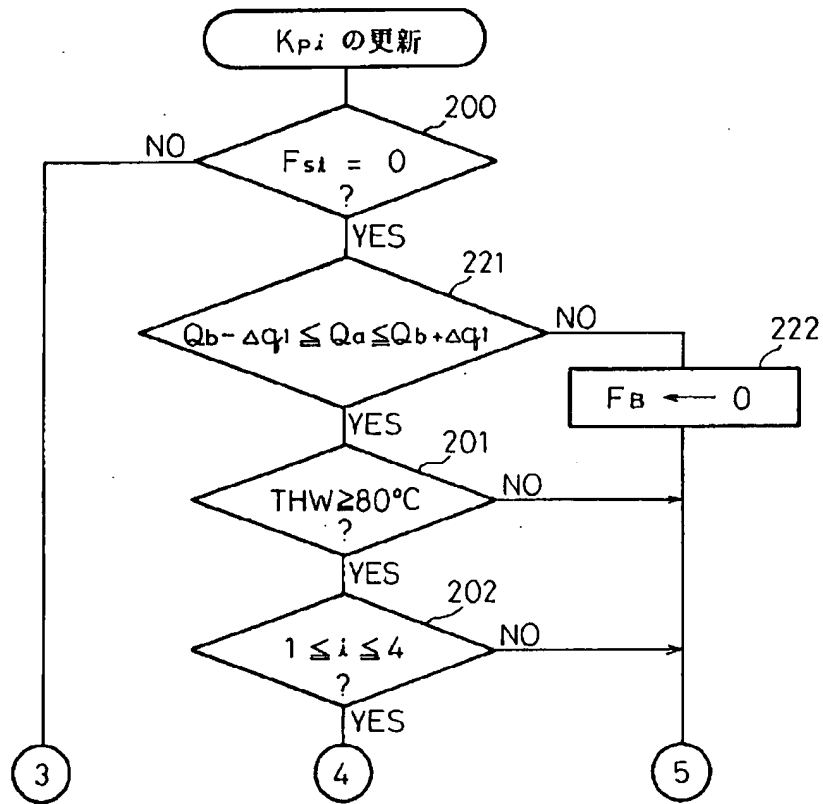
【図15】



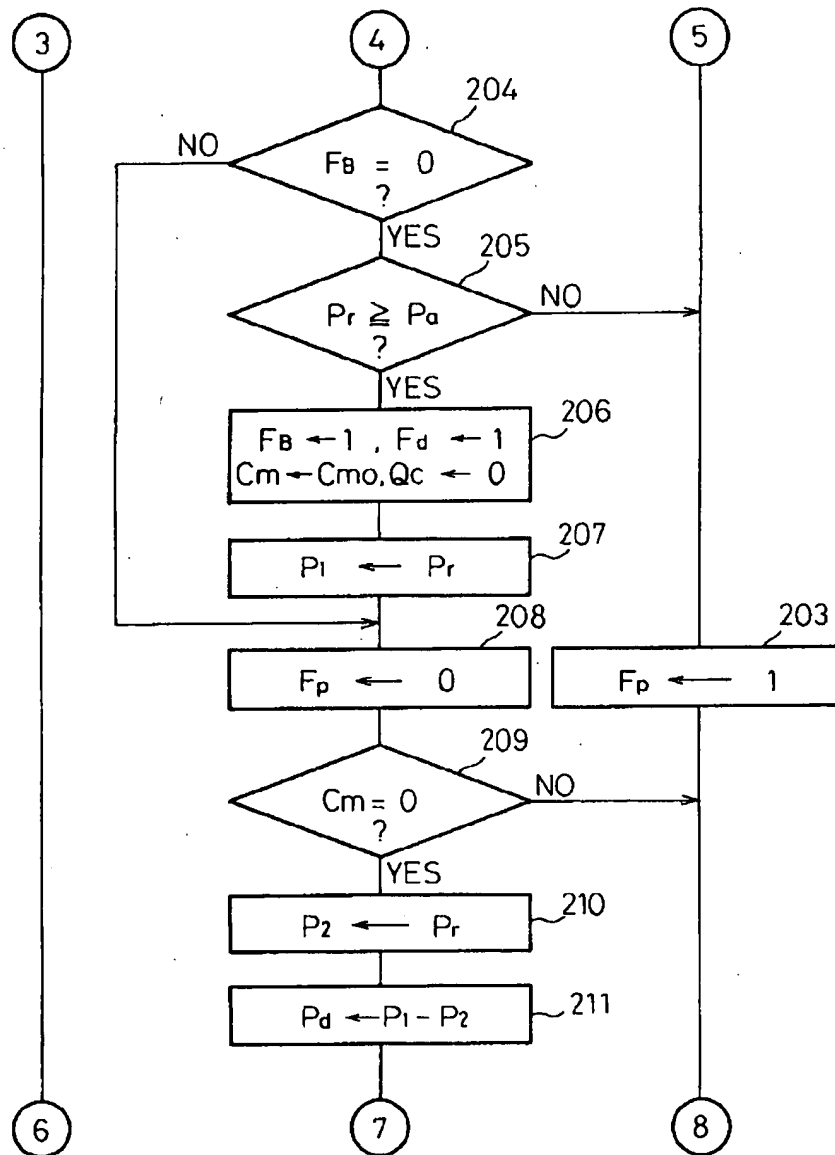
【図16】



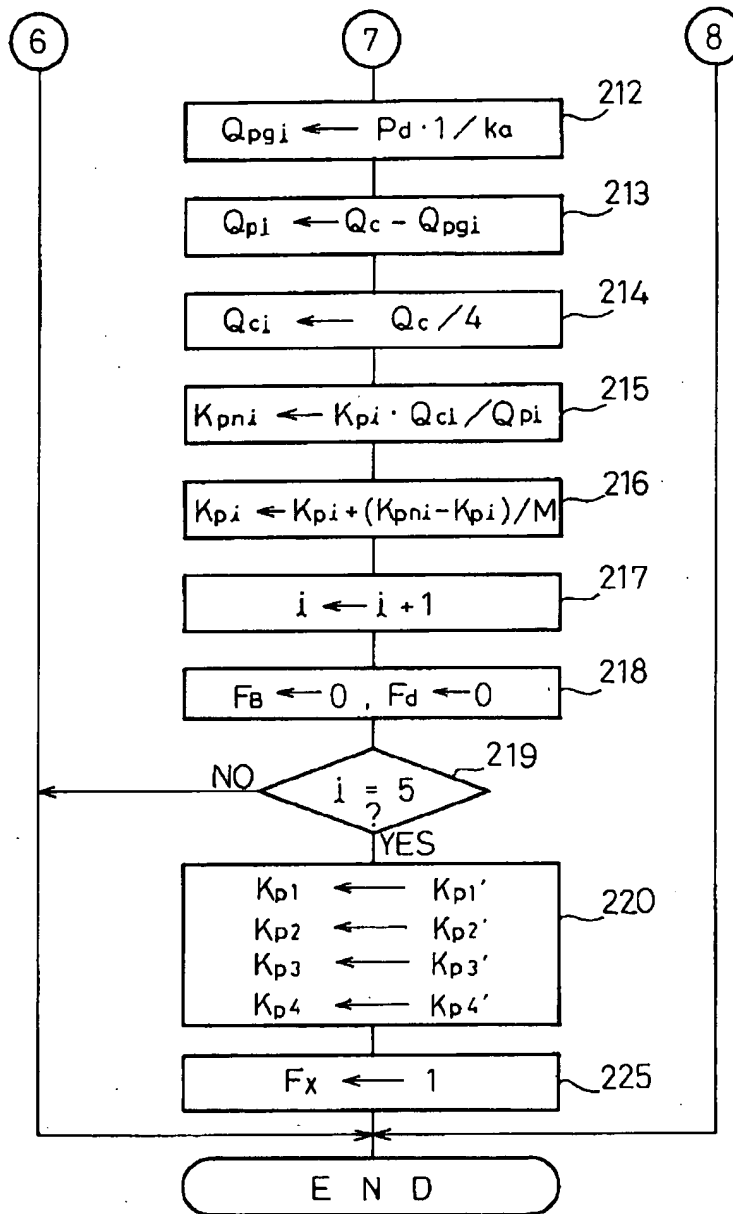
【図17】



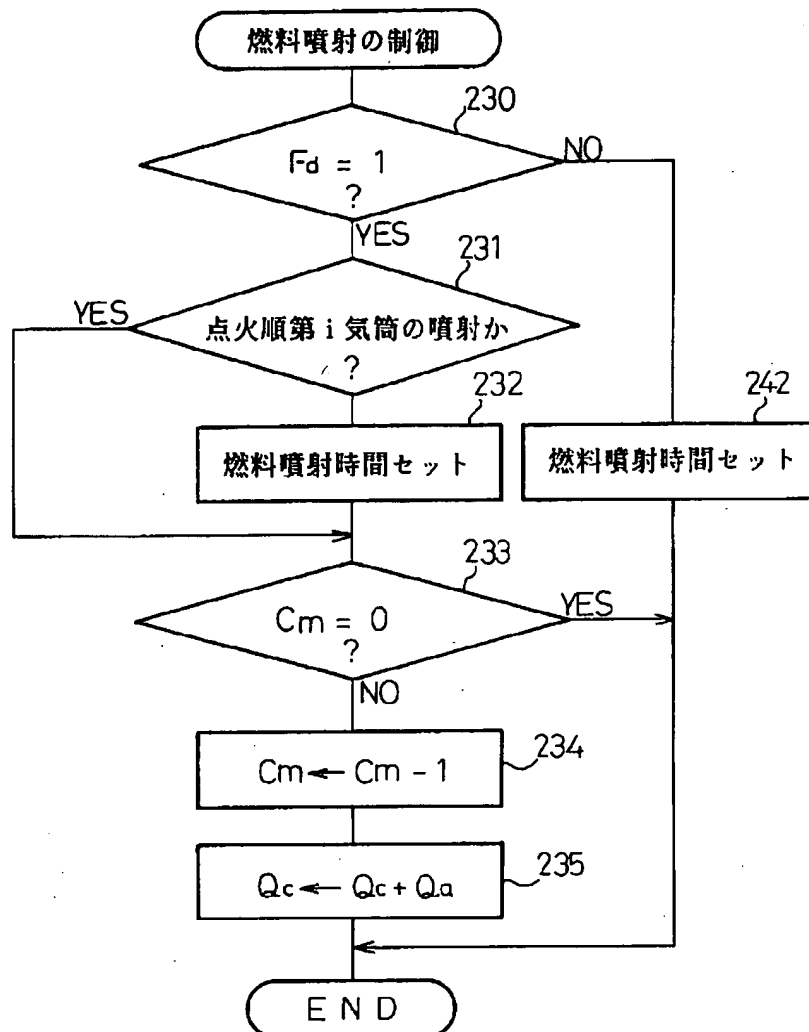
【図18】



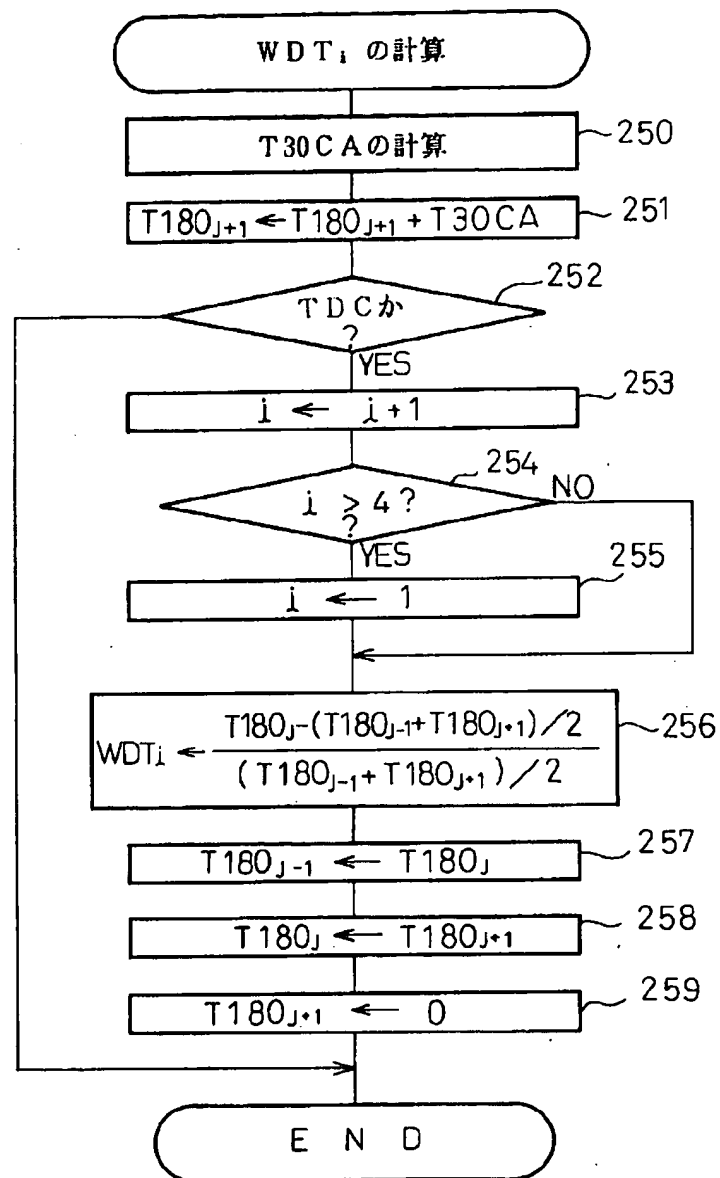
【図19】



【図20】

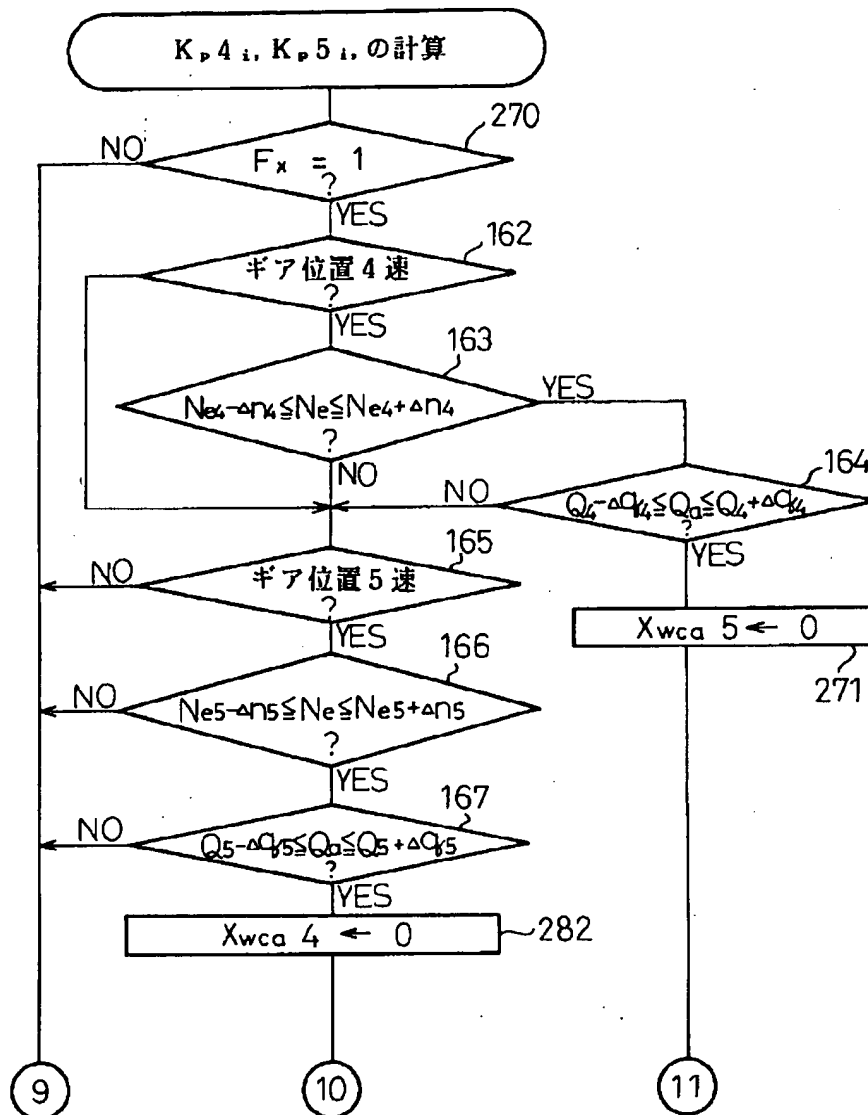


【図21】

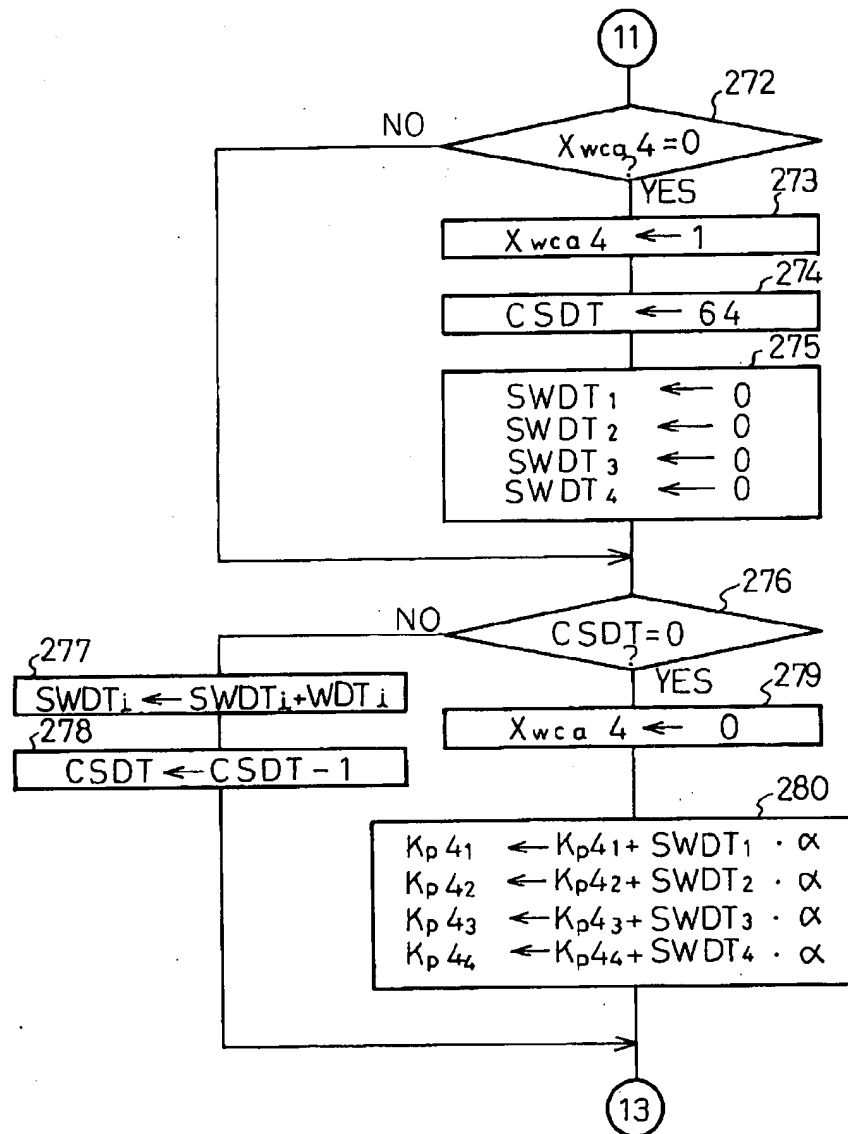




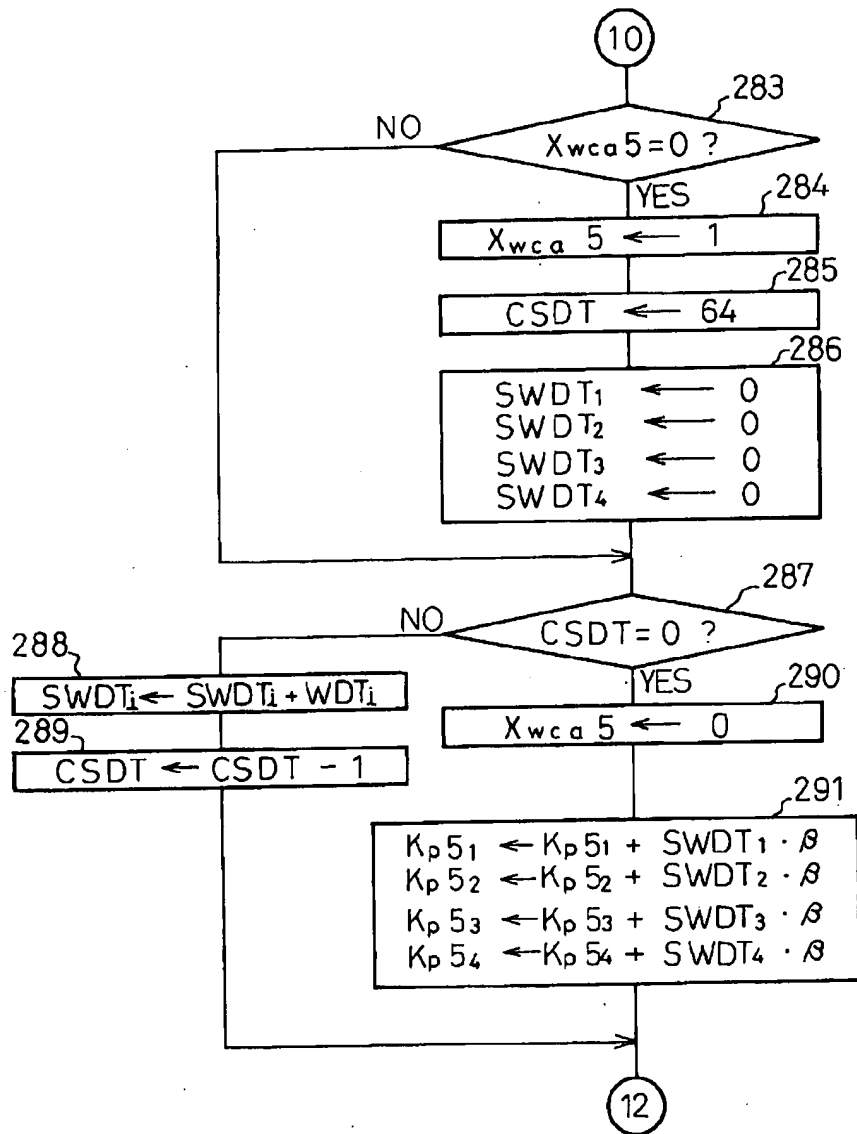
【図23】



【図24】



【図25】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**